

Aus der Orthopädischen Klinik
der Johannes Gutenberg Universität Mainz
Direktor: Prof. Dr. med. F. Brüssatis

**Die Geometrie
der superolateralen Dislokation
des Femurkopfes
bei primärer Coxarthrose**

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes Gutenberg Universität Mainz
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Wolfgang Hoffmann
aus Koblenz

Mainz 1976



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555607_0023

Aus der Orthopädischen Klinik der Johannes Gutenberg Universität
MAINZ

Direktor: Prof.,Dr.,med.F.Brussatis

Die Geometrie der superolateralen Dislokation des
Femurkopfes bei primärer Coxarthrose

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes Gutenberg Universität Mainz
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Wolfgang Hoffmann
aus Koblenz

MAINZ 1976



Fachbereichsdekan: Prof.Dr.H.Langendorf

1. Gutachter: Prof.Dr.P.Otte

2. Gutachter: Prof.Dr.L.Diethelm

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit gewidmet.



INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>
A.EINLEITUNG	1
B.MATERIAL und METHODE	10
C.ERGEBNISSE	37
D.DISKUSSION	56
E.ZUSAMMENFASSUNG	64
F.LITERATURVERZEICHNIS	66
G.LEBENS LAUF	73

EINLEITUNG:

A

Ätiologie und Pathogenese der Coxarthrose werden seit langem diskutiert. Ein zentraler Punkt in den bisher erschienenen Veröffentlichungen ist die immer wieder auftauchende Frage nach den möglichen Ursachen der primären Coxarthrose. In diesem Zusammenhang ist vor allem die Erkennung und Charakterisierung röntgenmorphologischer Phänomene und Frühveränderungen der Arthrosis deformans der Hüfte von großem Interesse. Auffällig und einer genaueren Untersuchung würdig sind insbesondere die röntgenologischen Symptome im superolateralen Bereich des Hüftgelenkes bei A.P.-Strahlengang, sowie die sichtbaren Veränderungen im infero-medialen Areal. Eine Deutung dieser radiographischen Charakteristika und ihre Einordnung in die Pathogenese der Arthrose des Hüftgelenkes ist Gegenstand vieler Untersuchungen der letzten Jahre.

Von der Mehrzahl der Autoren (FRANCON 1935, MORVILLE 1936, COSTE, F et LAUREN, F. 1954, TRUETA 1954, HOHMANN 1961, De SEZE 1966, LEQUESNE 1967, FALCONNET 1968, GOODFELLOW und BULLOUGH 1968, HERMÖDSSON 1970, KOPPELMANN 1970, DESPROGES GOTTERON 1971, MEZNIK 1971, SCHACHERL 1971, LOUYOUT 1972, G.MEACHIM et al, 1972, OTTE 1975 etc.) wird die superolaterale Gelenkspaltverschmälerung als röntgenologisches Frühsymptom erkannt.

PAUWELS (1973) sieht in der konvex begrenzten, sog. "Sourcil" das Frühsymptom der primären Coxarthrose. "Sourcil" bedeutet hierbei eine Knochenverdichtung im Pfannendach. Die Form dieser Knochenverdichtung stellt die Größenverteilung des Gelenkdruckes dar und kann gewissermaßen als Abbild eines Spannungsdiagramms angesehen werden. Ist nur noch ein Gelenkknorpel vorhanden, so ist dieses Spannungsdiagramm konvex begrenzt und damit Ausdruck einer beginnenden Insuffizienz des Gelenkknorpels. Besonders die Autoren jüngerer Zeit (TRUETA 1953, PHILIPPS 1966, OTTE 1969 und 1975, MÜSSBICHLER 1970 und 1973) sehen als Ursache für die Knorpeldegeneration subchondrale vaskuläre Störungen an und greifen damit die diesbezüglichen Hinweise von früheren Autoren (WOLLENBERG 1909, AXHAUSEN 1910, LERICHE 1943, PHEMISTER 1940 und PRIDIE 1952) wieder auf. Vielfach sind auch endokrine Faktoren im Gespräch.

Insgesamt scheint sich die Tendenz von der rein funktionell begründeten Theorie der Arthroseentstehung mit chondralem Ausgang, fortzubewegen und ein neuer Weg zur Coxarthrose, mit Beginn im subchondralem Areal der Belastungszone, anzubieten.

Ein weiteres, pathogenetisch wichtiges, röntgenmorphologisches Merkmal stellt der osteophytäre Anbau dar. Bei technisch einwandfreien Röntgenaufnahmen fällt besonders im A.P.-Strahlengang der mehr oder weniger mächtige,

mediale Femurkopffosteophyt auf. Dieser Knochenanbau wird ergänzt durch den im Gelenk gegenüberliegenden Pfannenbodenosteophyten. Der subfoveale mediale Kopffosteophyt findet im anglo-amerikanischen Schrifttum oft die Bezeichnung "capital drop". Französische Autoren sprechen von "couléé osteophytique sous-foveale". Bereits WALTER (1926) bezeichnet die Randwülste des Gelenkes als arthritische Neubildung und ordnet ihnen eine funktionelle Bedeutung zu, und zwar die der Wiederherstellung der Kongruenz der Gelenkflächen, die durch Substanzverlust in den oberen Hüftgelenkanteilen verlorengegangen war. Entgegen dieser Meinung versucht NUSSBAUM (1928) die röntgenologisch sichtbaren Randwulstbildungen als die Spätfolge einer Epiphysenlösung zu erklären. Die Einordnung dieser meist recht auffälligen Knochenneubildung im medialen Pfannenbodenbereich in die Pathogenese der Coxarthrose findet seitdem stärkere Beachtung. Auf die besondere Bedeutung des osteophytären Anbaus in der entlasteten medialen Gelenkzone weisen bereits die von WALTER (1926) veröffentlichten Beobachtungen an einem Sägeschnitt durch einen arthrotischen Femurkopf hin: er beschreibt die Ähnlichkeit von Form und Ausmaß des Wölbungsverlustes im oberen Gelenkanteil mit der Abbildung des medialen Kopffosteophyten. Die Parallelität substanzabbauender und substanzaufbauender Vorgänge in den entsprechenden Gelenkzonen demonstriert KNOTT (1964) in einer Röntgendokumentation eines zehnjährigen Cox-

arthroseverlaufes.

Ebenso erkennen TRUETA 1954, GRUETER und RÜTT 1961, MEZNIK 1961, DE SEZE 1966, OTTE 1969, HERMODSSON 1970, MEACHIM et al 1972 und PAUWELS 1973 eine besondere Beziehung zwischen Größe des medialen Femurkopffosteophyten und cranialer Defektzone. Dabei bleibt es bisher eine Streitfrage, ob der subfoveale Kopffosteophyt die, durch Gelenkspaltverschmälerung und dadurch bedingte Dislokation des Femurkopfes in meist craniolaterale Richtung, entstandene infero-mediale Subluxationslücke lediglich ausfüllt oder ob dieser Osteophyt in der Lage ist, den Femur aus seiner Pfanne herauszudrängen.

FRANCON (1935) bezeichnet gerade diese laterale Form der Coxarthrose als "expulsiv", womit er offensichtlich das Herausdrängen des Femurkopfes meint. MEZNIK (1961) spricht von einer Verbreiterung des Pfannenbodens, die den Schenkelkopf nach lateral drängt und damit die aktive Luxationstendenz fördert. Dabei zitiert er auch MORVILLE (1936), der bereits damals eine sekundäre Subluxation in Betracht zog, die er "subluxatio coxae aquisita" nannte. MORVILLE steht im Gegensatz zur üblichen Lehrmeinung, wenn er arthrotische Veränderungen erst dann erkennt, nach dem der Zustand der Subluxation über längere Zeit bestanden hat. Heute muß man dazu bemerken, daß seine 1936 beschriebenen Röntgenaufnahmen weitgehend fehlinterpretiert sind. Auch TRUETA (1954), SCHACHERL (1971) und PAUWELS (1973)

schreiben dem medialen Kopffosteophyten und der Pfannenbodendopplung Luxationskräfte zu.

Nach LEQUESNE (1968) drückt der Osteophyt den Kopf nicht aus der Pfanne heraus, sondern verdankt der Subluxation erst seine Entstehung. Auch HERMODSSON (1970) ist der Meinung, daß Pfannenbodendopplung und "capital drop" Zeichen der cranio-lateralen Dislokation des Femurkopfes sind und betrachtet sie als eine Art "Vacuumphenomen" und meint damit wohl ebenfalls eine Ausfüllung der Subluxationslücke. OTTE (1975) beobachtet regelmäßig die Ausfüllung des durch craniolaterale Dislokation vergrößerten Pfannenbodenraumes mit Osteophyten. Ebenso bemerkenswert sind die Hinweise auf die Ausbildung einer sekundären Kongruenz bei der Entwicklung einer primären Coxarthrose vom lateralen Typ (OTTE, 1969 und 1975). Dabei zeigt sich in auffälliger Weise, daß Oberflächenkontur des abgeflachten Hüftkopfes und Außenkontur des Osteophyten auf einem nahezu regelmäßigen Kreisbogen liegen. Der Schnittpunkt dieses Kreisbogens mit der originalen Hüftkopfbegrenzung liegt beinahe exakt am Übergang von Defektzone zur Entlastungszone oder Subluxationslücke. Hieraus ergibt sich eine Ähnlichkeit in Form und Ausmaß der beiden Zonen und eine Bestätigung der Vorstellung, daß mit wachsendem Defekt, d.h. Gelenkknorpelschwund und Knochenabbau, der Hüftkopf nach oben lateral subluxiert und dadurch entsprechenden Freiraum im inferomedialen Gelenkbereich schafft.

Die craniolaterale Subluxation findet außerdem Ausdruck in der häufig entstehenden periostalen Knochenanlagerung am medialen Schenkelhals, von FRANCON und LEQUESNE als "Hängematte" und von WIBERG als "Stützstrebe (Buttress)" bezeichnet. Mit der Lateral tendenz des Hüftkopfes verlagert sich der Belastungsbezirk naturgemäß zur Medialseite des Kopfes, so daß zwangsläufig eine Verstärkung der medialen Schenkelhalscorticalis auftreten muß, um den nach lateral verlagerten Hüftkopf abstützen zu können.

Die bei Coxarthrose unterschiedlich stark ausgeprägte Außenrotationskontraktur scheint zusätzlich die cranio-laterale Subluxationstendenz zu unterstützen.

Abb.1 zeigt in einer Skizze die wichtigsten röntgenmorphologischen und soeben diskutierten Kriterien.

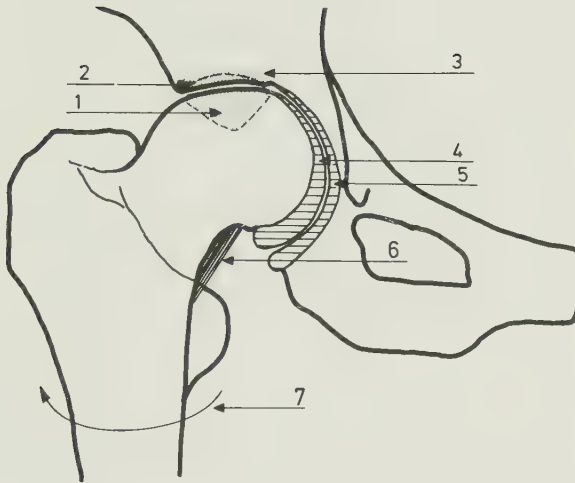


Abb.1: Skizzierung von sieben wichtigen röntgenmorphologischen Kriterien bei Coxarthrose.

1. Keilförmige Verdichtung im Belastungsbezirk
2. Wölbungsverlust des Hüftkopfes
3. Knochenverdichtung im Pfannendach, als Ausdruck einer veränderten Größenverteilung, bei gesteigertem Gelenkdruck im Belastungsbezirk
4. Medialer, subfovealer Osteophyt
5. Pfannenbodenosteophyt, auch Pfannenbodendopplung genannt
6. Periostale Knochenanlagerung am medialen Schenkelhals, auch "Hängematte" oder "Stützstrebe" (buttress) genannt
7. Richtung der obligaten kontraktionsbedingten Außenrotationstendenz

Die "Geometrie" dieser röntgenologisch sichtbaren Beziehungen wurde bisher wenig untersucht. HERMODSSON (1970) führte als Maß für die Lateralisierung des Femurkopfes die kürzeste Distanz zwischen medialer Kopfkontur und äußerer Begrenzungslinie der sog. Köhlerschen Tränenfigur ein. OTTE (1975) bestimmte für vergleichende Untersuchungen die Distanz zwischen der medialen Kopfhalsgrenze und der medialen Tangente der Tränenfigur. Um möglichst exakte qualitative und quantitative Angaben liefern zu können, ist die Güte der Röntgenaufnahmen oder anderer Abbildungsverfahren unerlässlich.

Bei der Durchsicht der ganzen, mir durch die Universitätsbibliothek und der Bibliothek der Orthopädischen Klinik in Mainz zugänglich gemachten Literatur, war keine genaue Analyse des pathomorphologischen Vorganges "Gelenkspaltverschmälerung-Subluxation-Osteophytose in der infero-medialen Subluxationslücke" aufzufinden.

Mir fiel die Aufgabe zu, an Hand von 111 eigenhändig in der Orthopädischen Universitätsklinik Mainz angefertigten Sägeschnitten resezierter Hüftköpfe für diesen pathomechanischen Vorgang eine geometrische Modellvorstellung zu entwickeln, die sowohl qualitative wie auch quantitative Aussagen über den Subluxationsvorgang beim lateralen Typ der primären Coxarthrose zuläßt. Es sollte ebenfalls geklärt werden, inwieweit die immer wieder klinisch

konstatierte Außenrotationskontraktur die Lateralisation des Gelenkkopfes mit bedingt.

Über die Ursachen der Lateraldislokation fanden sich in der Literatur keine Anhaltspunkte.

Weitere röntgenmorphologische Kennzeichen der primären Coxarthrose werden soweit wie notwendig nur am Rande erwähnt.

MATERIAL und METHODE

B

Für die Anfertigung von Sägeschnitten des Femurkopfes standen 111 Resektionspräparate zur Verfügung. Davon eigneten sich 98 Schnitte für die zunächst geforderten Untersuchungen. Zu diesem Zwecke wurden von den Sägeschnitten Röntgenaufnahmen hergestellt, die einzeln fotografiert und auf ein Format von 30,5 x 40,5 cm vergrößert wurden. Die Röntgenmorphologie der Coxarthrose ließ sich zum Teil an diesen Vergrößerungen sehr gut darstellen. Um die Gesetzmäßigkeiten der Subluxationslücke und der Defektzone zu untersuchen, wurden graphische Modelle verwendet, die geeignet erschienen, einen Zusammenhang zwischen craniolateraler Dislokation des Femurkopfes und dem Entstehen einer medialen Subluxationslücke zu verdeutlichen und meßbar zu machen.

Um für die Zeichnung der Modelle notwendige Parameter zu finden, wurden zwanzig Röntgenbilder (Beckenübersichtaufnahmen) von zwanzig Patienten mit einseitiger Coxarthrose vermessen. Die Bilder wurden im Archiv der Orthopädischen Universitätsklinik Mainz an Hand einer Diagnosekartei ausgesucht. Zur Verwendung kamen nur solche Bilder, bei denen eine Verschiebung des Femurkopfes aus der Gelenkpfanne mehr oder weniger deutlich zu erkennen war. Ansonsten wurden keine weiteren Anforderungen an die Aufnahmen gestellt.

METHODE

Anfertigung von Femurkopfsägeschnitten und deren fotografische Weiterverarbeitung

Es erscheint zunächst schwierig, morphologische Veränderungen am arthrotischen Hüftgelenk mit Hilfe des Röntgenbildes zu quantifizieren, da sich z.B. Randwulstbildungen, Zysten und sklerosierte Bezirke nicht immer so markant abzeichnen, daß sie genaue Messungen zulassen oder als geometrische Bezugspunkte oder -linien dienen können.

Ursprünglich boten sich fotografische Vergrößerungen von Sägeschnitten resezierter Femurköpfe als geeignetes Untersuchungsmaterial an mit der Zielvorstellung, daß eine Vergrößerung mehr morphologische Einzelheiten erkennen lasse und eine größere Meßgenauigkeit zur Folge habe. Es wurden resezierte Femurköpfe in der Frontalebene durchtrennt und jeweils eine 0,1 - 0,5 cm dicke Scheibe mittels einer Bandsäge abgesägt. Diese Schnitte wurden geröntgt und die so gewonnenen Röntgenaufnahmen abfotografiert: und auf 30,5 x 40,5 cm großes Format vergrößert. Es stellte sich jedoch heraus, daß es wenig sinnvoll war, genaue Messungen an diesen Präparaten durchzuführen:

1. Die Schnittebene am Femurkopf konnte nicht mit den zur Verfügung stehenden Mitteln standardisiert werden.

2. Die Vergrößerung ließ die Knochenstrukturen so sehr verbreitert und in ihren Umrissen unregelmäßig erscheinen, daß exakte Messungen nicht möglich waren.

3. Durch intra operationem entstandene Fragmentierung der Hüftköpfe konnten einige Präparate schwer beurteilt werden. Insofern liesen sich an Hand der Sägeschnitte nur qualitative Aussagen machen, die jedoch die Resultate des endgültigen Meßverfahrens nicht unwesentlich stützen.



Abb.2: Fotografie einer Sägeschnitt-Röntgenaufnahme

In vielen Fällen kann man mit solchen Bildern eine Entrundung des Hüftkopfes und damit einen Substanzverlust in der Belastungszone demonstrieren. Gerade in diesem Bereich laufen auch die trajektorieell angeordneten

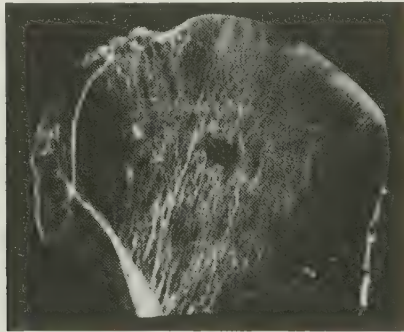
und verbreiterten Spongiosabälkchen von der medialen Schenkel-Hals-Kortikalis kommend aus. In dieser verdichteten Knochenbälkchenzeichnung findet man vielfach unterschiedlich große zystische Gebilde, die in auffälliger Weise die im Sägeschnitt erkennbare Epiphysennarbe als eine Abgrenzung nach caudal respektieren. Ein eindrucksvolles Bild liefert die Oberfläche des Femurkopfes in der Defektzone: Spongiosabalken ragen frei in den Gelenkspalt hinein, eine durchgehende Kopfkontur ist in diesem Bereich nicht vorhanden. Lediglich unter dem medialen subfovealen Osteophyten zeigt sich ein Rest der ehemaligen Femurkopfkontur.

An Hand dieses Kreisbogenrestes läßt sich der Kopfmittelpunkt leicht geometrisch konstruieren, so daß dieser Bogen zu einem Halbkreis ergänzt werden kann. Hierdurch wird das Ausmaß des Wölbungsverlustes sehr gut verdeutlicht.

Zeichnet man nun zu dieser Markierung der früheren Kugelform noch eine Linie, die die Außenseite des medialen Osteophyten begrenzt und der abgeflachten oberen Kopfkontur folgt, so zeigt sich in fast allen Fällen, daß der Schnittpunkt beider Linien die Grenze zwischen Belastungs- und Entlastungszone markiert.

Betrachtet man jetzt die Sägeschnitte, so stellt man fest, daß die defektbildenden morphologischen Kennzeichen im Abschnitt der Belastungszone lokalisiert sind,

während die Entlastungszone den Ort des osteophytären Anbaus darstellt. Über den Wachstumsvorgang der subfovealen Osteophyten gibt Abb.3 in etwa eine Vorstellung. Hier wird in einer Fotoserie gezeigt, wie mediale Osteophyten durch Fusion zweier Anteile entstehen, wobei jeweils ein Teilosteophyt von der Kopf-Halsgrenze und vom Unterrand der fovea capitis femoris seinen Ausgang nimmt.



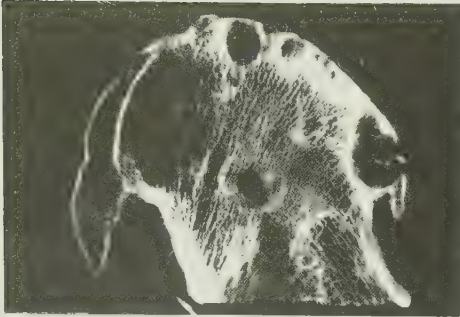


Abb.3: Fotoserie zur Darstellung osteophytären Wachstums am medialen Hüftkopfanteil bei Coxarthrose

Abb.4: zeigt eindrucksvoll die immer wieder zu beobachtende Ähnlichkeit in Form und Ausmaß von Defektzone und Anbauzone.



Abb.4: Darstellung der Kongruenz von Defektzone und Anbauzone an einem Sägeschnitt eines arthrotischen Hüftkopfes. (nach OTTE 1975, Verhandlungsband der Deutschen Rheumatologischen Gesellschaft in Druck)

Die erstaunliche röntgenmorphologische Präzision mit der sich destruktive und konstruktive Veränderungen am Femurkopf beim Entstehen einer Coxarthrose vollziehen, scheint pathogenetisch von Bedeutung zu sein und eine genauere, über qualitative Aussagen hinausgehende, geometrische Untersuchung dieser Beziehungen zu rechtfertigen.

Konstruktive Auswertung von zwanzig Beckenübersichtsaufnahmen

Hierzu wurden zunächst die Beckenübersichtsaufnahmen von zwanzig Patienten mit einseitiger Coxarthrose betrachtet. Es kam darauf an, eine Defektzone im oberen lateralen Gelenkabschnitt oder zumindest eine eindeutige Gelenkspaltverschmälerung in diesem Bezirk zu erkennen. Außerdem durften im arthrosefreien Gelenk keine anderen pathologischen Veränderungen vorliegen, damit die Projektion von Konturen und markanten Punkten des gesunden Gelenkes auf die erkrankte Seite möglich war, da hier durch destruktive Veränderungen eine sichere Markierung ohne diese Hilfskonstruktionen nicht durchgeführt werden konnte.

In allen Fällen stand der Hüftkopf in beginnender oder ausgeprägter Subluxationsstellung, wobei der Kopf immer noch cranio-lateral tendierte und somit eine unterschiedlich große Subluxationslücke zwischen Pfannenboden und unterem medialen Kopfanteil schuf. Dieser durch Osteo-

phyten ausgefüllte Freiraum, der im Röntgenbild in zwei Dimensionen erfaßt wird, entspricht der im Sägeschnitt erkannten Anbauzone.

Die Schwierigkeit bestand nun darin, diese auf Röntgenebene projizierte Lücke flächenmäßig zu erfassen, zu messen und in einen Zusammenhang mit dem Ausmaß und der Richtung der Subluxation zu stellen. Zuerst wurde nach Bezugslinien und -punkten gesucht, die eine spiegelbildliche Projektion von Femurkopfumfang und -mittelpunkt der gesunden Seite auf die arthrotische Hüfte zulassen. Als notwendig erwies sich die Beckenwaagerechte, die vorerst durch die am weitesten nach caudal ragenden Punkte der Sitzbeinhöcker verlief. Diese Methode mußte jedoch bald aufgegeben werden, da bei einigen Punkten die Sitzbeine unterschiedlich ausgebildet waren. Als besonders geeignet erschien daraufhin die Spitze der auf jeder Seite medial vom Pfannenboden sich darstellenden sog. Köhlerschen Tränenfigur. Hiermit konnte in allen Fällen leicht die Beckenwaagerechte W_k gezeichnet werden.

Alle weiteren konstruktiven Überlegungen sind aus der Skizze in Abb.5 ersichtlich.

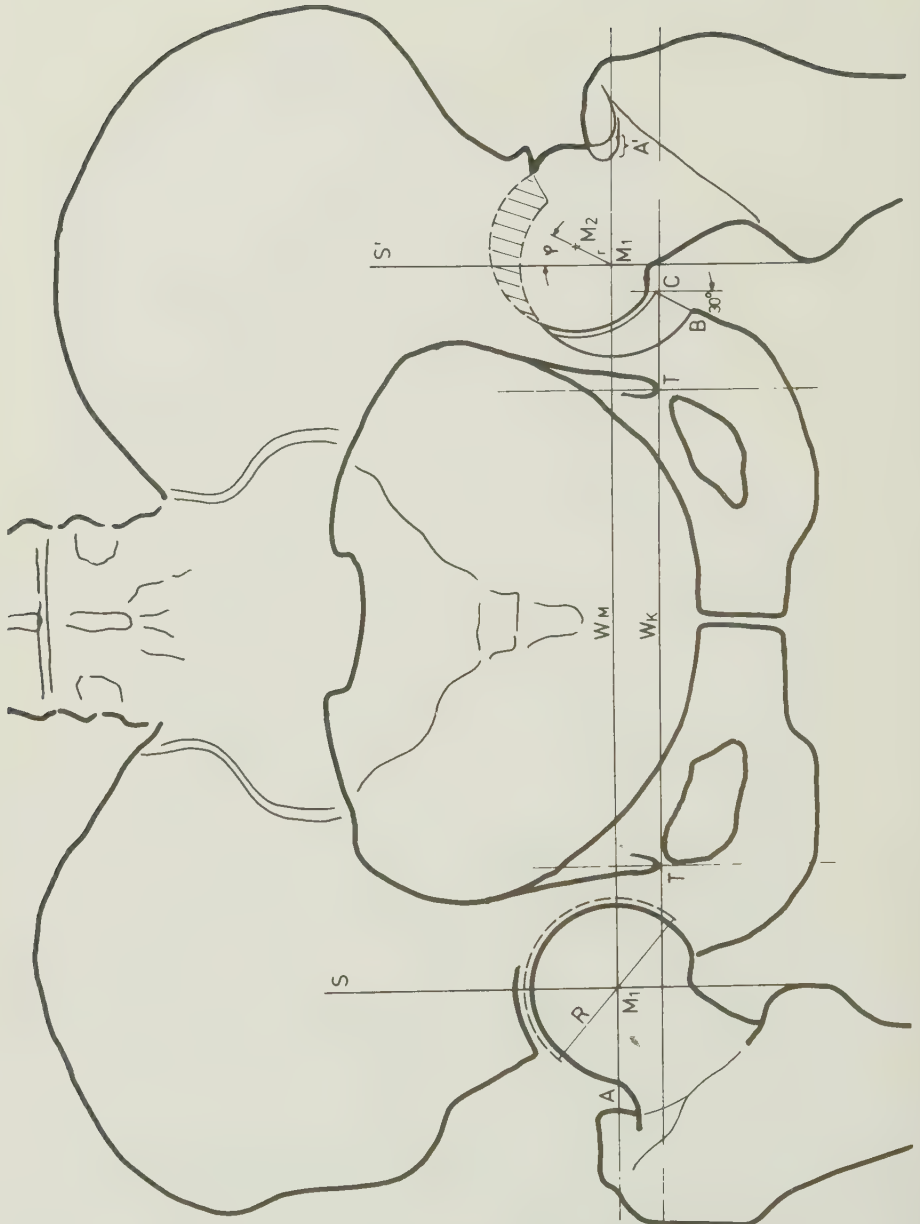


Abb.5: Beckenskelettskizze mit allen eingezeichneten, bei den Messungen verwendeten Parametern (Erklärung siehe Text S.17 - S.21)

In beiden Endpunkten der Tränenfigur wurden zudem die Senkrechten S und S' errichtet, die eine Projektion von Merkmalen der gesunden Seite auf das pathologische Gelenk ermöglichen.

Als nächstes wurde der Mittelpunkt M_1 konstruiert, indem um jeweils zwei von drei beliebig angenommenen Punkten der Kopfkontur zwei Kreise mit gleichem Radius gezogen und die Schnittpunkte dieser Kreise durch eine Gerade verbunden wurden. Dies ergab zwei Geraden, deren Schnittpunkt den Mittelpunkt M_1 des gesunden Hüftkopfes darstellte.

Um den Radius R des Femurkopfes zu messen, mußte der Abstand zwischen M_1 und der Kopfkontur bestimmt werden, zu diesem Wert wurde noch die Hälfte des Abstandes zwischen Kopfkontur und Pfannendachkontur hinzuge-rechnet, da sich die Gelenkknorpelanteile von Kopf und Pfanne diesen im Röntgenbild freien Raum in etwa gleichem Maße teilen. Mit dem so errechneten Radius R konnte nun der Gelenkspalt ohne Schwierigkeit im Röntgenbild eingezeichnet werden. Durch Projektion von Mittelpunkt und Kopfkontur auf das arthrotisch ver-änderte Hüftgelenk konnte man sich somit die präarthrotischen Lageverhältnisse von Gelenkkopf und -pfanne vor Augen führen.

In allen untersuchten Fällen zeichnete sich in der Röntgenaufnahme unter dem medialen Osteophyten eine

Restkontur des Gelenkkopfes in Form eines Kreisbogenabschnittes ab, der ausreichte, den Mittelpunkt M_2 des dislocierten Kopfes auf die gleiche Weise zu konstruieren wie M_1 . Mit der Strecke $\overline{M_1 M_2} = r$ war somit die Abweichung des Hüftkopfes aus seiner normalen Stellung bestimmt.

Ein weiteres Maß für die Dislokation resultierte aus dem Winkel φ zwischen S' und $\overline{M_1 M_2} = r$. Ein Halbkreis um M_2 , mit demselben Radius R wie auf der gesunden Seite, zeigt in geeigneter Form die durch cranio-laterale Verschiebung des arthrotischen Kopfes entstandene Subluxationslücke, die sich auf der Röntgenaufnahme als sog. "Verschiebefigur" projiziert. Sie hat ein sichelförmiges Aussehen. Die Spitze dieser Sichel wird bestimmt durch den Schnittpunkt der Halbkreise um M_1' und M_2 . Außerdem kann sie in etwa als Grenzpunkt zwischen Defektzone und Anbauzone angesehen werden. Als Basis dieser "Verschiebefigur" könnte man den Pfannenbodenabstand bezeichnen, den HERMODSSON (1970) zur Charakterisierung der Dislokation verwendete. Er bestimmte diese Distanz als kürzeste Entfernung zwischen der Originaloberfläche des Femurkopfes und der äußeren Kontur der sogenannten U-Figur oder Tränenfigur. Da im vorliegenden Fall ein konstruierter Gelenkspalt vorhanden war, konnte man auch den weitesten Abstand zwischen diesem Spalt und der dislocierten Kopf-

kontur als Basis der "Verschiebefigur" bestimmen. Diese Festlegung der Begrenzung der projizierten Subluxationslücke wurde aber dem Ziel, möglichst den gesamten Raum, der für osteophytären Anbau frei geworden ist, geometrisch d.h. flächenmäßig zu erfassen, nicht ganz gerecht. Am ehesten geeignet erschien es, die untere Begrenzung der "Verschiebefigur" durch eine Gerade festzulegen, die in einem Winkel von 30° zur Senkrechten S' durch M_2 verläuft und die Dislokationsfigur in den Punkten B und C schneidet. Ein Winkel von 30° wurde deswegen gewählt, weil diese Begrenzung der Ausdehnung des Osteophyten nach caudal am ehesten entsprach und eine konstante Linie gewählt werden mußte, da in diesem Winkelbereich am Röntgenbild keine markanten, in jedem Falle sichtbaren Konstruktionspunkte erkennbar waren.

Mit der bisher beschriebenen Methode war es möglich in den ausgesuchten zwanzig Fällen die einzelnen "Verschiebefiguren" nach genauen Richtlinien zu zeichnen und die Parameter für den Dislokationsvorgang im einzelnen zu bestimmen, so den Dislokationswinkel φ , die Dislokationsdistanz r und den Radius R des Hüftgelenkkopfes.

Bei sämtlichen Messungen wurde mit größtmöglicher Genauigkeit gearbeitet. Eine Differenzierung von Zehntel-

millimetern konnte dabei nicht erreicht werden, da sich Knochengrenzen im Röntgenbild nie so scharf abzeichnen. Meßfehler bis 0,5 mm fallen noch in den Toleranzbereich.

Zur Vereinfachung des Verfahrens, wurde angenommen, daß vor Auftreten von arthrotischen Veränderungen auf beiden Seiten gleiche Größenverhältnisse herrschten. Auch in diesem Punkt ist mit Fehlern zu rechnen.

Das folgende Problem bestand nun darin, die Fläche der "Verschiebefigur" zu messen. Bisher war aufgefallen, daß die Entstehung einer solchen Fläche im Röntgenbild abhängig sein mußte von den Parametern r , φ und R . Das bedeutete, daß man die Mittelpunktabweichung r als Resultierende einer cranial und lateral gerichteten Bewegung des oberen Femurendes auffassen konnte, daß die Dislokationsrichtung sich im Winkel φ ausdrückte und natürlich das Ausmaß der "Verschiebefigur" durch die Größe des Hüftkopfes, gemessen an seinem jeweiligen Durchmesser, mitbestimmt wurde. Aus dieser Erkenntnis resultierte die Idee, den Dislokationsvorgang einmal zeichnerisch zu simulieren.

Zeichnerische Simulation des Dislokationsvorganges mit Hilfe von φ , r und R .

Es wurden zunächst die Parameter r , φ und Durchmesser $\emptyset$ bei allen Patienten mit Hilfe der oben beschriebenen

Konstruktionen ermittelt, gemessen und auf eine mögliche Gruppeneinteilung untersucht. Dabei ließen sich vier Winkelgruppen W_G von 30° , 40° , 50° und 60° bilden. Jede dieser Gruppen wurde zusätzlich noch in zwei Durchmessergruppen D_G von je 5,75 cm und 6,25 cm unterteilt. Hieraus ergaben sich demnach 8 Modellzeichnungen. Das Modell, welches die Verhältnisse im Röntgenbild zeichnerisch exakt wiedergeben sollte, wurde folgendermaßen konstruiert: Eine Gerade schneidet eine Senkrechte im Punkt M im Winkel von 30° . Über dieser Geraden wird um den Punkt M ein Halbkreis geschlagen mit dem Radius R. Von M ausgehend zeichnet man einen Strahl, der im Uhrzeigersinn um M gedreht den jeweiligen Gruppenwinkel mit der Senkrechten bildet. Auf diesem Strahl wird von M aus gemessen im Abstand von 1,25 cm, 1,5 cm, 1,75 cm, 2,00 cm, und 2,25 cm entsprechend r_1 bis r_5 jeweils ein Punkt markiert. Um diese fünf Punkte M_1 bis M_5 werden nun jeweils fünf Halbkreise mit dem Radius R geschlagen, die vom ursprünglichen Halbkreis fünf sichelförmige Verschiebfiguren abschneiden.

Abb.6 zeigt diese Modellkonstruktion, die den Subluxationsprozess bei der Coxarthrose vereinfacht wiedergibt. Die im Röntgenbild meßbaren Parameter gehen durch eine grobe Einteilung in insgesamt 8 Gruppen in diese Modelle ein.

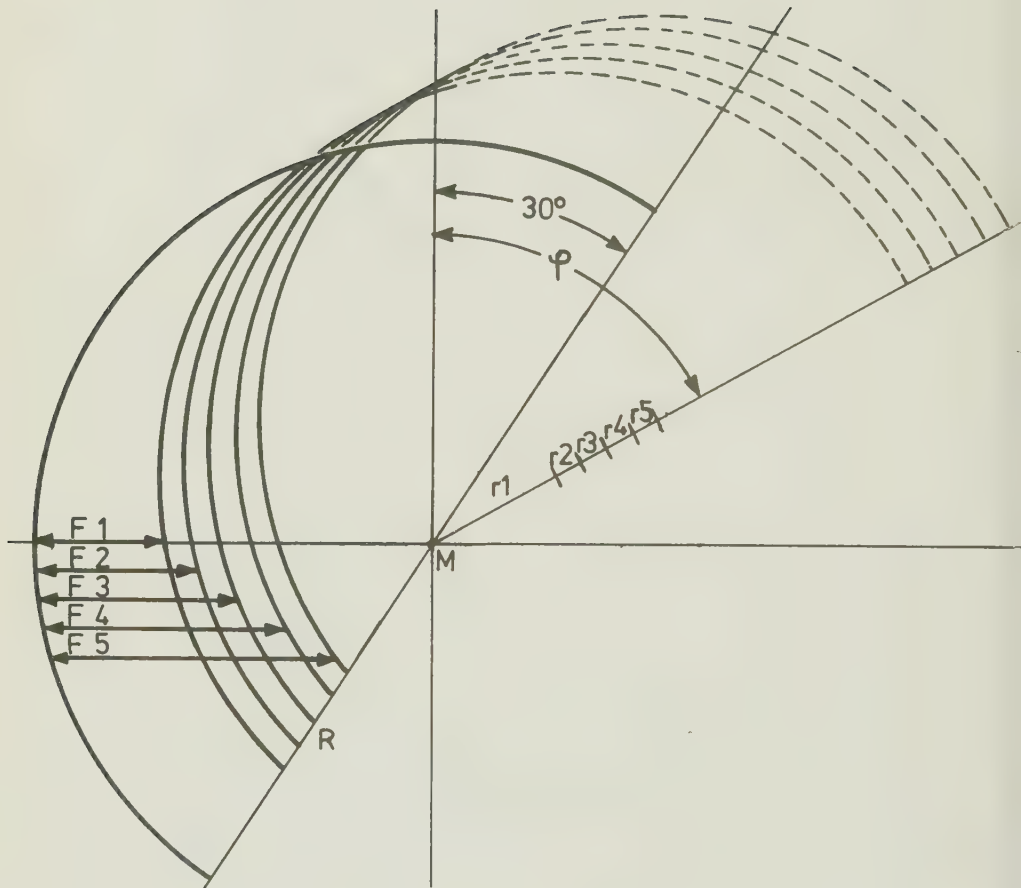


Abb.6: Skizze der zeichnerischen Modelle des Subluxationsvorganges bei der Coxarthrose

$F_1 - F_5$ stellen die Flächen der sog. Verschiebefiguren dar, die begrenzt werden von einer konstanten Gerade, die im Winkel von 30° zur Körpersenkrechten durch den Hüftkopfmittelpunkt M verläuft, sowie von Kreisbögen deren Mittelpunkte auf einem Strahl mit den Dislokationswinkeln φ und mit konstantem Radius R um die Dislokationsstrecken $r_1 - r_5$ verschoben werden.

$$x = \sqrt{R^2 - \frac{r^2}{4}} \quad y = 2\beta$$

$$\tan \beta = \frac{\frac{x}{2}}{\frac{r}{2}} = \frac{2 \sqrt{R^2 - \frac{r^2}{4}}}{r} = \frac{\sqrt{4R^2 - r^2}}{r}$$

$$\beta = \arctan \frac{\sqrt{4R^2 - r^2}}{r}$$

$$F_1 = \frac{R^2}{2} \left(\frac{\pi y}{180} - \sin y \right)$$

$$F_1 = \frac{1}{2} \left[\frac{2 \pi R^2 y}{360} - r \sqrt{R^2 - \frac{r^2}{4}} \right]$$

$$F_1 = \frac{1}{2} \left[\frac{4 \pi R^2 \beta}{360} - r \sqrt{R^2 - \frac{r^2}{4}} \right]$$

$$F_2 = \frac{\pi R^2 (60 - y)}{360}$$

$F_1 \triangleq$ kleinerer Kreisabschnitt des Kreises um M_2 über $\overline{P_1 P_2}$

$$F = \pi R^2 - 2 F_1$$

$$F = \pi R^2 \cdot \frac{360 - 4\beta}{360} + r \sqrt{R^2 - \frac{r^2}{4}} = 2 F_A$$

Gesucht: $F_x = F_A + F_B$

$$F_B = F_{ADEB}$$

$$F_A = \frac{F}{2}$$

$$\text{Sinussatz: } \frac{R}{\sin \eta} = \frac{c}{\sin \epsilon} \quad c = \frac{R \sin \epsilon}{\sin \eta}$$

$$\text{Projektionssatz: } r = R \cdot \cos \epsilon + R \cdot \frac{\sin \epsilon}{\sin \eta} \cdot \cos \eta$$

$$\epsilon = 120 + \gamma \quad \tan \eta = \frac{R \cdot \sin \epsilon}{r - R \cdot \cos \epsilon}$$

$$F_x = \frac{1}{2} \left[\pi R^2 \frac{(360 - 48)}{360} + r \sqrt{R^2 - \frac{r^2}{4}} + \pi R^2 \cdot \frac{(60 - \gamma)}{360} \right. \\ \left. + \frac{1}{2} r R \sin \epsilon - \frac{\pi R \eta}{360} \right]$$

Hinzugefügt werden muß, daß die gesuchte Fläche F_x nach Ausrechnung dieser Formel um die Fläche des kleinen Dreieckes EBC zu groß ist.

Bei Verwendung von Originalmaßen, wie sie sich im Röntgenbild darstellen, kann diese geringe Ungenauigkeit in Kauf genommen werden, um den Rechenvorgang nicht weiter zu komplizieren.

Mit dieser umfangreichen Formel wurde ein etwas zeitraubender Weg gefunden, um die gesuchte Fläche der projizierten Subluxationslücke zu berechnen. Daher mußte eine einfachere Methode gefunden werden.

Einführung eines einfachen Flächenberechnungsgerätes: das Planimeter

Es wurde ein Gerät entdeckt mit dem Vermessungsingenieure unregelmäßig begrenzte Flächen berechnen. Es handelt sich hierbei um das sog. Planimeter.

Um eine Fläche zu messen, braucht man nur mit dem Mittelpunkt der Fahrlupe am Ende des Fahrarmes die Begrenzungslinie der Figur im Uhrzeigersinn nachzufahren und an der Meßrolle nach Beendigung der Umfahrung das Ergebnis abzulesen. Wie Abbildung Nr.10 zeigt, besteht das Planimeter aus 2 getrennten Teilen, dem Polarm und dem Fahrarm mit dem Rollengehäuse. Der Polarm ist eine einfache Stange. An dem einen Ende befindet sich der Pol, der aus einem runden, zylinderförmigen Gewicht mit einer Nadel in der Mitte besteht. Am anderen Ende ist eine Kugel befestigt, die in ein Loch des Rollengehäuses gesteckt wird. Das Rollengehäuse ruht auf drei Punkten: der Meßrolle, der Stützrolle und auf dem Rand der Fahrlupe. Bei der Bewegung des Rollengehäuses werden die Umdrehungen der Meßrolle auf das Zählrad übertragen und zwar in der Weise, daß bei einer Bewegung senkrecht zur Richtung des Fahrarmes eine rasche Drehung der Meßrolle und des Zählrades erfolgt, während bei einer Bewegung in Richtung des Fahrarmes gar kein Ausschlag von Meßrolle und Zählrad zu beobachten ist. Diese charakteristische Drehung und Ruhe der Meßrolle je nach Bewegungsrichtung des Gerätes sind wesentlich für die Funktion des Planimeters.

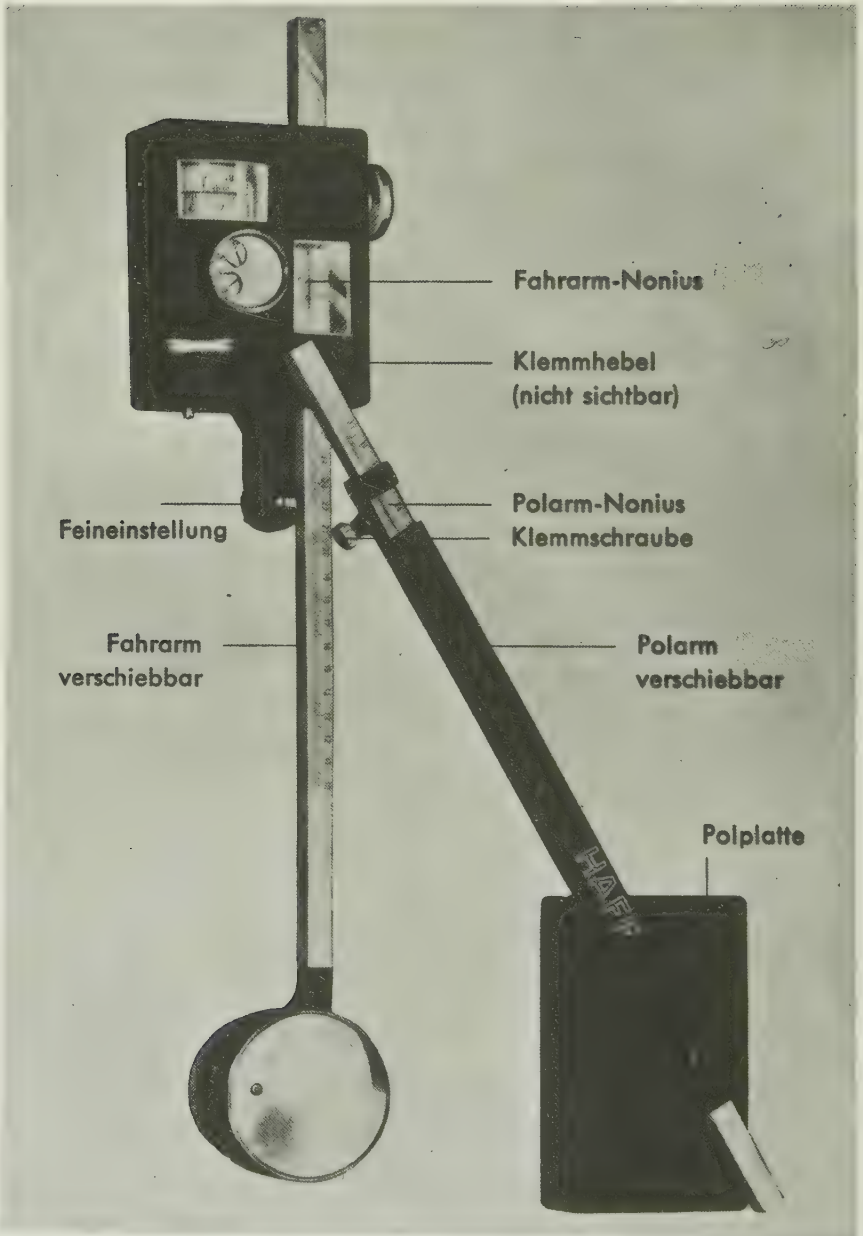


Abb.9: Fotografie des verwendeten Planimeters

Das Zählwerk gibt die erhaltenen Werte in Noniuseinheiten an. Eine Noniuseinheit (NE) entspricht normalerweise $0,1 \text{ cm}^2$. Der hier verwendete Typ bietet aber noch zusätzlich die Möglichkeit, durch Verkürzung des Fahrarmes andere Werte für eine NE einzustellen. Der Fahrarm wurde von der Normallänge von 33,34 cm auf 16,67 cm verkürzt und damit entsprach eine NE jetzt $0,05 \text{ cm}^2$. Dies hatte eine größere Meßgenauigkeit zur Folge, da das Rollengehäuse des Planimeters mit verkürztem Fahrarm nun bei gleicher Fläche größere Strecken zurücklegen mußte. Genausogut steigern auch wiederholte Messungen die Genauigkeit des Resultats. Um Fehlerquellen weitgehend auszuschalten, sollte die Präzision des Gerätes vor den Messungen mit Hilfe von Kontrolllinealen geprüft werden; die äußeren Bedingungen wie ebene und glatte Zeichenunterlage und normale Zimmertemperatur sollten beachtet werden. Ruhige Hand und Geduld beim Umfahren der Flächenfigur sind ebenfalls wichtige Voraussetzungen für bessere Resultate. Man wird nie in der Lage sein, die zu umfahrende Linie ganz genau in der Mitte des kleinen Ringes im Zentrum der Fahrlupe zu halten, sondern einmal zu weit links und dann wieder zu weit rechts liegen. Es hat an Hand von Versuchsmessungen ergeben, daß sich diese Abweichungen ausgleichen, so daß bei einiger Übung gleichmäßige Resultate erzielt werden.

Pro Flächenfigur wurde aus fünf aufeinander folgenden Messungen der Durchschnittswert ermittelt. An jeder Modellzeichnung waren fünf Flächen zu berechnen, was pro Modellgruppe zu fünfundzwanzig und damit insgesamt zu zweihundert Einzelmessungen führte. Jetzt war auch die Möglichkeit gegeben, die Beziehung zwischen Dislokationsflächenzuwachs und den Dislokationsparametern r , γ und ϕ an Hand von acht Diagrammen graphisch darzustellen. Ebenso konnte man nach Ausmessen der "Verschiebefiguren" im Röntgenbild mit dem Planimeter die so erhaltenen Flächenwerte auf Grund der dazugehörigen Parameter in jeweils eines der acht Modelldiagramme als Punkt einzeichnen und mit der Modellkurve vergleichen.

Einführung eines relativen Maßes für den Außenrotationswinkel im Hüftgelenk

Im Verlauf der Untersuchungen und Messungen an den Röntgenaufnahmen fiel eine fast regelmäßige Außenrotationsstellung des erkrankten oberen Femurendes auf. Dieses Bild ist wohl im Zusammenhang mit der bei der Coxarthrose oft vorhandenen kontrakturbedingten Fehlstellung des Femurs in Flexion und Außenrotation zu sehen. Es stellte sich nun die Frage, ob der Außenrotationswinkel mit dem lateralen Dislokationsgrad korreliert war.

In der gesamten Literatur fanden sich keine Angaben über die Messung der Außenrotation im Röntgenbild. Hier mußte

ein relatives Maß für diesen Winkel gefunden werden. Im Röntgenbild projiziert sich bei extremer Außenrotation der Schatten der Trochanter major-Spitze in die Kontur des Schenkelhalses hinein. Bei maximaler Innenrotation verlagert sich der Trochanter major nach außen und zwischen seiner Spitze und der Schenkelhalskontur befindet sich eine zentimeterbreite Lücke. Somit konnte als geeignetes Außenrotationsmaß die kürzeste Distanz zwischen Trochanter major-Spitze und Schenkelhalskontur gewählt werden. Um standardisierte Messungen durchzuführen, wurde diese Distanz immer in einer Parallelen zur Beckenwaagerechten W_K gemessen. Die Strecke wurde mit einem negativen Vorzeichen versehen, wenn sie sich in den Schenkelhals hineinprojizierte. In drei von zwanzig Fällen konnte dieses Maß nicht ermittelt werden.

Die in dieser Weise bestimmten Werte wurden in einer Tabelle den jeweiligen Dislokationswinkeln γ gegenübergestellt und der Versuch einer Gruppeneinteilung gemacht.

Die röntgentechnische Fehlerquelle, die solche Messungen erheblich verfälschen kann, muß den Wert solcher Untersuchungen in Frage stellen. Einwandfreie Ergebnisse würden eine strenge Standardisierung der Aufnahmetechnik voraussetzen, wobei das kranke Bein soweit wie möglich und das gesunde Bein genau in

Mittelstellung zu lagern wäre. Im Vergleich mit klinisch gewonnenen Werten müßte dann eine genauere Bestimmung des Außenrotationswinkels möglich sein. Die Wahrscheinlichkeit der Korrelation von Außenrotationskontraktur und Lateralisation des Hüftkopfes sollte zusätzlich durch eine geometrische Konstruktionsskizze verdeutlicht werden, die einer Aufsicht auf die Horizontalebene durch das Zentrum des Hüftgelenkes entspricht. In dieser Skizze wird ein Anstemmen des Femurkopfes an die Mitte des hinteren Pfannenrandes und ein damit verbundenes Hinaushebeln des Kopfes aus der Pfanne angenommen. Durch dieses Hinaushebeln wird der Femurkopf theoretisch lateralisiert. Dabei kann unterstellt werden, daß in Folge einer allgemeinen entzündlichen Kapselschwellung und Hypertrophie des Bandapparates bei Arthrose dieses Anstemmen des Schenkelhalses an den hinteren Pfannenrand noch zusätzlich begünstigt wird.

An Hand einer Modellzeichnung in Abbildung 10 sollen diese Vorstellungen über den cranio-lateralen Dislokationsvorgang verdeutlicht werden und zusätzlich in einer Formel der Zusammenhang zwischen Subluxations-spalt d und Außenrotationswinkel δ aufgezeigt werden.

Nach dieser standartisierten Modellvorstellung kann die direkte Beziehung zwischen der Subluxation, ausgedrückt durch d , und dem Außenrotationswinkel α eindrucksvoll gezeigt werden. Der Radius R des Hüftkopfes geht als veränderbarer Parameter in die Formel ein.

ERGEBNISSE

C

Im folgenden werden die Untersuchungsergebnisse in vier Abschnitten niedergelegt.

Teil 1: casuistisch-tabellarische Darstellung der Meßergebnisse am Röntgenbild mit Gruppenbildung C_1

Teil 2: tabellarische Darstellung der mit dem Planimeter an den Modellen und an den Röntgenbildern gemessenen Werte C_2

Teil 3: graphische Darstellung der Meßergebnisse an den Modellen und Einordnung der Flächenwerte aus den Röntgenbildern in diese Diagramme C_3

Teil 4: tabellarische Darstellung des Zusammenhanges von Außenrotation und Dislokation C_4

Teil 1: casuistisch-tabellarische Darstellung der Meßergebnisse am Röntgenbild mit Gruppenbildung

Von allen Röntgenaufnahmen liegen jeweils vier gemessene Parameter vor:

1. Der Dislokationswinkel φ
2. Die Mittelpunktswinkelabweichung r
3. Der Hüftkopfdurchmesser ϕ und damit auch der Radius R
4. Die Fläche der projizierten Subluxationslücke

Die Meßergebnisse werden in tabellarischer Form dargestellt. In jeder Tabelle sind die Ergebnisse einer Winkelgruppe zusammengefasst. So gehören Fälle mit einem Dislokationswinkel φ von 0° bis $34,9^{\circ}$ in WG 1, von 35° bis $44,9^{\circ}$ in WG 2, von 45° bis $54,9^{\circ}$ in WG 3, und von 55° bis 60° in WG 4. Jede Winkelgruppe präsentiert sich in der Form der Durchmessergruppe DG 1 und DG 2.

Hüftköpfe mit einem Durchmesser bis 5,99 cm zählen zu DG 1 und mit einem Durchmesser von 6,0 cm und mehr zu DG 2. Somit resultieren acht Gruppen. Über jeder Tabelle ist die Gruppenbezeichnung eingetragen. Links in der Tabelle stehen die Namen der Patienten, die Archivnummer und das Geburtsjahr.

Nach rechts hin folgen in vier Spalten die gemessenen Werte, wobei die Winkel φ in Grad, die Mittelpunktabweichung r in cm, die Durchmesser $\varnothing$ in cm und die Fläche der Subluxationslücke in cm^2 angegeben sind.

Tabelle 1 und 2

Gruppe I (WG 1 DG 1)

Patient	Dislokation in Grad	Dislokation in cm	Durchmesser in cm	Fläche der projiziert. 2 Subluxationslücke in cm ²
a. Harder, M 480/2p; 1920	32,4°	1,30	5,80	3,17
b. Ludwig, L 395/3 ; 1909	28,5°	2,60	5,80	7,17
t. Kissinger, A 1159/3; 1904	15,5°	2,00	5,65	4,60
g. Reinheimer, A 214/4 ; 1927	34,0°	2,00	5,80	6,20
o. Roth, A. M. 12/5 ; 1906	0,0°	2,05	5,50	3,80

139

Gruppe II (WG 1 DG 2)

e. Langner, W 2584/1; 1907	27,0°	2,25	6,20	6,54
r. Becker, J 1513/3; 1902	17,0°	2,10	6,50	5,83
k. Hahn, Ch, 834/3 ; 1905	0,0°	1,90	6,45	3,78

Tabelle 3,4,5 und 6

Gruppe III (WG 2 DG 1)

Patient	Dislokation in Grad	Dislokation in cm	Durchmesser in cm	Fläche der projiziert. 2 Subluxationslücke in cm ²
1. Fetzer, P. 888/2 ; 1905	44,5°	0,90	5,60	3,20
q. Eisinger, M. 1261/3; 1888	41,0°	2,70	6,00	8,70

Gruppe IV (WG 2 DG 2)

f. Sprenger, P. 1909/3; 1905	43,0°	2,15	6,60	8,18
---------------------------------	-------	------	------	------

Gruppe V (WG 3 DG 1)

d. Knebitz, L. 777/3 ; 1902	47,0°	1,69	5,60	5,40
p. Klein, L. 1568/4; 1900	48,0	1,30	5,45	4,50

Gruppe VI (WG 3 DG 2)

kein Patient

Tabelle 7 und 8

Gruppe VII (WG 4 DG 1)

Patient	Dislokation in Grad	Dislokation in cm	Durchmesser in cm	Fläche der projiziert. 2 Subluxationslücke in cm ²
c. Schier, A. 2519/4; 1923	59,3°	1,25	5,60	4,91
h. Jung-Franzi, K. 267/2p; 1900	90,0°	1,20	5,20	5,54
s. Heintz, M. 1158/3; 1912	65,0°	1,50	5,45	5,80

Gruppe VIII (WG 4 DG 2)

i. Stieglitz, S. 1490/4; 1907	71,0°	1,95	6,80	9,96
j. Schreiner, J. 699/1 ; 1904	56,5°	0,90	6,80	4,50
m. Racky, J. 1809/3; 1905	68,0°	0,40	6,40	1,90
n. Hellmig, H. 929/3 ; 1916	76,1	0,30	6,60	2,00

Teil 2: tabellarische Darstellung der mit dem C_2
Planimeter an den Modellen und an den
Röntgenbildern gemessenen Werte

An den Modellzeichnungen wurden wie schon erwähnt pro Winkelgruppe 5 verschiedene Flächen mit dem Planimeter gemessen. Die Fläche F_1 bis F_5 entsprach somit der Mittelpunktabweichung r_1 bis r_5 . Als Ergebnis dieser Messungen konnte der Flächenzuwachs im Verhältnis zur Lateralisationsstrecke innerhalb einer Winkelgruppe graphisch dargestellt werden. Den Diagrammen geht eine tabellarische Aufstellung der gemessenen Werte voraus. In den Tabellen steht jeweils ein Wert für r dem entsprechenden Wert für F gegenüber: eine Tabelle entspricht einer der acht Gruppen.

Tabelle 9:

WG 1 /DG 1

r (cm)	F (cm ²)
1,25	3,60
1,50	4,33
1,75	5,10
2,00	5,80
2,25	6,34

WG 1/DG 2

r (cm)	F (cm ²)
1,25	4,00
1,50	4,80
1,75	5,62
2,00	6,30
2,25	7,00

WG 2 /DG 1

r (cm)	F (cm ²)
1,25	4,10
1,50	4,83
1,75	5,72
2,00	6,50
2,25	7,22

WG 2 / DG 2

r (cm)	F (cm ²)
1,25	4,56
1,50	5,38
1,75	6,29
2,00	7,11
2,25	7,92

WG 3 / DG 1

r (cm)	F (cm ²)
1,25	4,60
1,50	5,56
1,75	6,46
2,00	7,33
2,25	8,24

WG 3 /DG 2

r (cm)	F (cm ²)
1,25	4,88
1,50	5,82
1,75	6,80
2,00	7,74
2,25	8,66

WG 4 /DG 1

r (cm)	F (cm ²)
1,25	5,30
1,50	6,26
1,75	7,22
2,00	8,22
2,25	9,11

WG 4 /DG 2

r (cm)	F (cm ²)
1,25	5,29
1,50	6,45
1,75	7,63
2,00	8,75
2,25	9,68

Teil 3: graphische Darstellung der Meßergebnisse C_3
an den Modellen und Einordnung der Flächen-
werte aus den Röntgenbildern in dieses Diagramm

Für jede Modellgruppe wurde ein Diagramm gezeichnet. Die Werte der Flächenmessung wurden auf der Ordinate eingetragen in Abhängigkeit von der jeweiligen Mittelpunktabweichung r , die auf der Abszisse registriert wurde. Auf der Ordinate entsprach die Maßeinheit $1 \text{ cm}^2 = 1 \text{ cm}$, auf der Abszisse entsprach $0,05 \text{ cm} = 2 \text{ mm}$. Durch Verbindung der Punkte r_1/F_1 bis r_5/F_5 erhielt man annähernd eine ansteigende Gerade. An diesem Verlauf änderte sich auch in der Fortsetzung nach oben und unten nichts, was später durch Einsetzen von Meßpunkten außerhalb des Bereichs r_1/F_1 bis r_5/F_5 bestätigt wurde. In jedes einzelne Modelldiagramm wurden die entsprechenden Meßwerte der 20 Röntgenbilder mit einem Symbol (X) eingetragen. Die Beurteilung ihrer Lage zur Modellkurve wurde damit möglich. Da für die Konstruktion der "Verschiebefigur" sowohl in der Röntgenaufnahme als auch im Modell die gleichen standardisierten Meßbedingungen verwendet wurden und die im Modell gezeichneten Winkel γ meist nur geringfügig von denen im Originalbild abwichen, war die Position der einzelnen aus der Aufnahme erhaltenen Meßpunkte in der Nähe der Geraden zu erwarten. Diese Annahme konnte in allen Fällen bestätigt werden.

Eine Distanzierung der X-Punkte von der Modellgeraden ließ sich durch die Korrelierung dieser Punkte mit von der Modellnorm abweichenden Dislokationswinkeln und Durchmessern erklären. Gehörte zu einem X-Punkt zum Beispiel der Winkel $\varphi = 28,5^\circ$ und ein Durchmesser von 5,80 cm, dann lag dieser Punkt, in das Diagramm der Gruppe WG 1 = 30° , und DG 1 = 5,75 cm eingetragen, geringfügig unterhalb der Gruppenstandardkurve.

In zwei anderen Fällen, wo der Hüftkopf ausschließlich nach cranial verschoben war, entsprechend einem Winkel φ von 0° , lagen die beiden zugehörigen Koordinatenpunkte unterhalb der Standardkurve von 30° und hatten beide fast den gleichen Abstand zu ihr.

Aufgrund ihres verschiedenen Durchmessers von 5,50 cm und von 6,45 cm waren sie in Gruppe I und II eingeordnet. Der andere Extremfall mit einer Lateralisation von 90° lag, in das Diagramm 7 eingezeichnet, nicht wie erwartet weit oberhalb der 60° -kurve, sondern befand sich wegen des kleinen Kopfdurchmessers von 5,20 cm in nur kurzem Abstand darüber.

Insgesamt konnte festgestellt werden, daß sowohl mit wachsendem Winkel φ , als auch mit größerem Durchmesser die Steilheit der Modellstandardkurven zunahm. An dieses Prinzip hielten sich auch die durch Messung am Röntgenbild ermittelten Koordinatenpunkte beim Eintragen in die Diagramme.

Abb.11-18: Flächenzuwachs (F_{1-5} in cm^2 , Ordinate) der durch craniolaterale Dislokation entstandenen projizierten Subluxationslücke ("Verschiebefigur") in Abhängigkeit von der jeweiligen Mittelpunktabweichung (r_1-r_5 in cm, Abszisse) ermittelt aus den Meßwerten des zeichnerischen Modells. Markierung der entsprechenden Meßpunkte aus den 20 Originalröntgenaufnahmen in diese Diagramme.

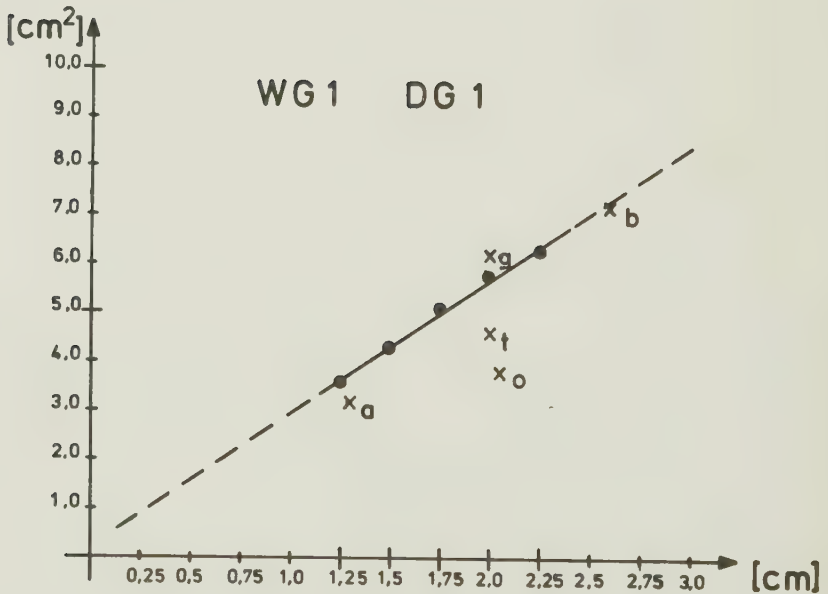


Abb.11: WG 1 = Winkelgruppe 1 ($0^\circ - 34,9^\circ$)
DG 1 = Durchmessergruppe 1 (ϕ bis 5,99 cm)
 $x_{a,b,g,t,o}$ siehe Tabelle 1, S.39

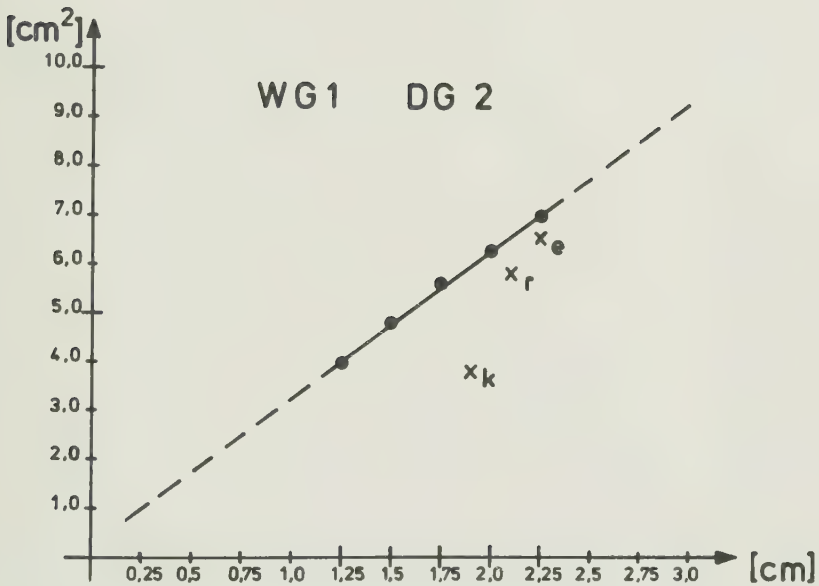


Abb.12: WG 1 = Winkelgruppe 1 (0° - $34,9^\circ$)

DG 2 = Durchmessergruppe 2 (ϕ über 6,0 cm)

$x_{e,k,r}$ siehe Tabelle 2, S.39

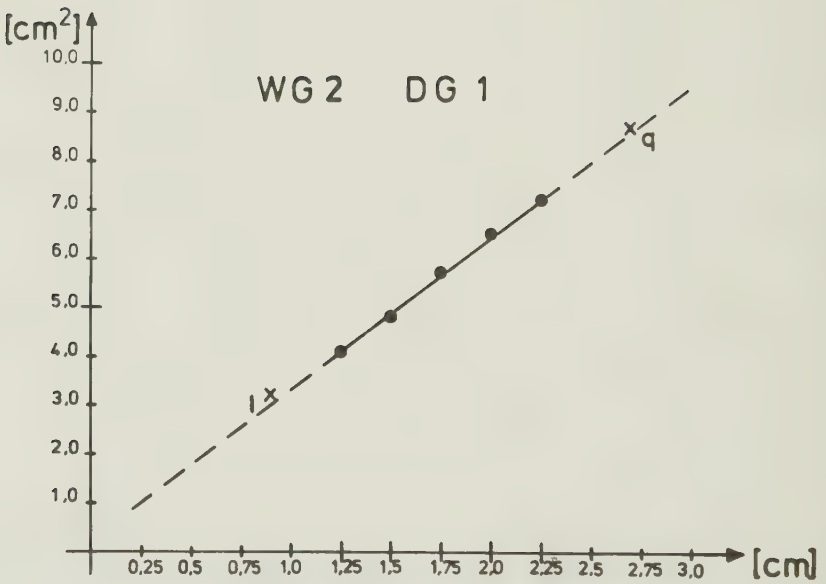


Abb.13: WG 2 = Winkelgruppe 2 (35° - $44,9^\circ$)

DG 1 = Durchmessergruppe 1 (ϕ bis 5,99 cm)

$x_{1,g}$

Tabelle 3, S.40

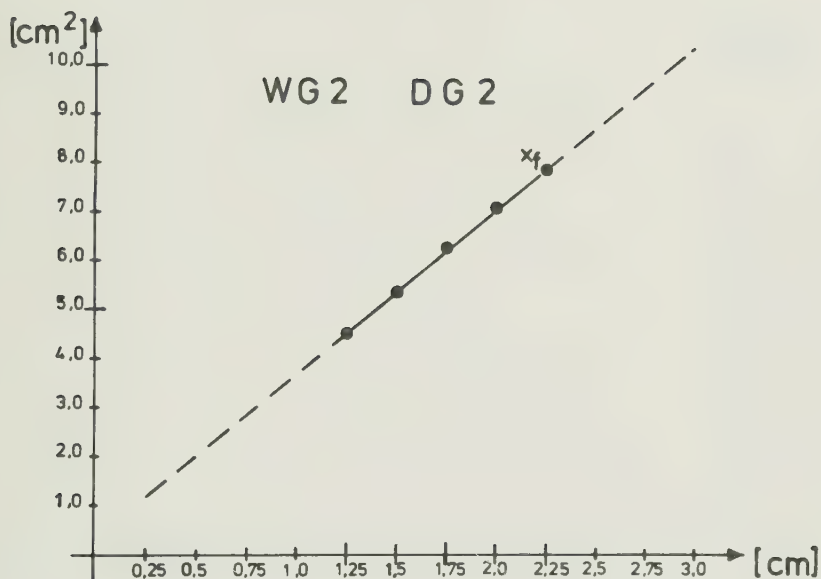


Abb.14: WG 2 = Winkelgruppe 2 (35° - $44,9^{\circ}$)

DG 2 = Durchmessergruppe 2 ($\varnothing$ bis 6,00 cm)

X_f siehe Tabelle 4, S.40

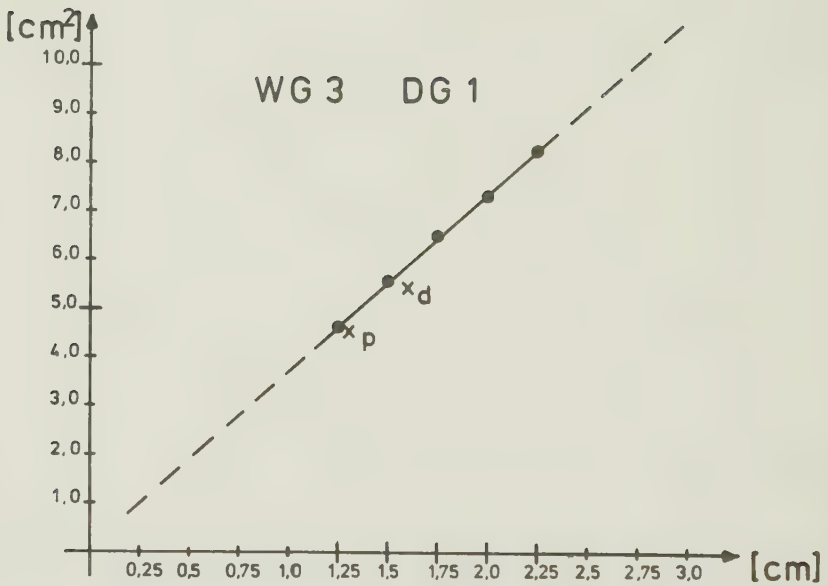


Abb.15: WG 3 = Winkelgruppe 3 ($45^\circ - 54,9^\circ$)

DG 1 = Durchmessergruppe 1 (ϕ bis 5,99 cm)

$x_{d,p}$ Tabelle 5, S.40

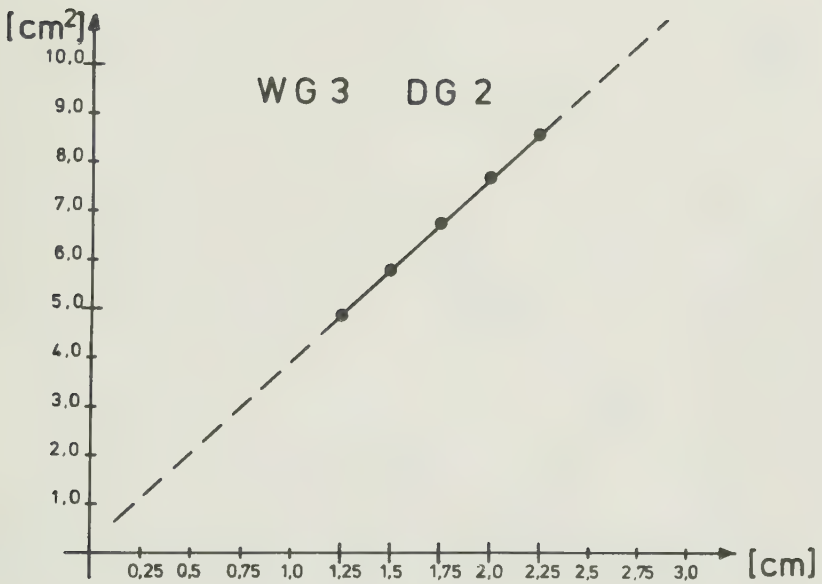


Abb.16: WG 3 = Winkelgruppe 3 (45° - $54,9^{\circ}$)

DG 2 = Durchmessergruppe 2 (ϕ über 6,00 cm)

kein X

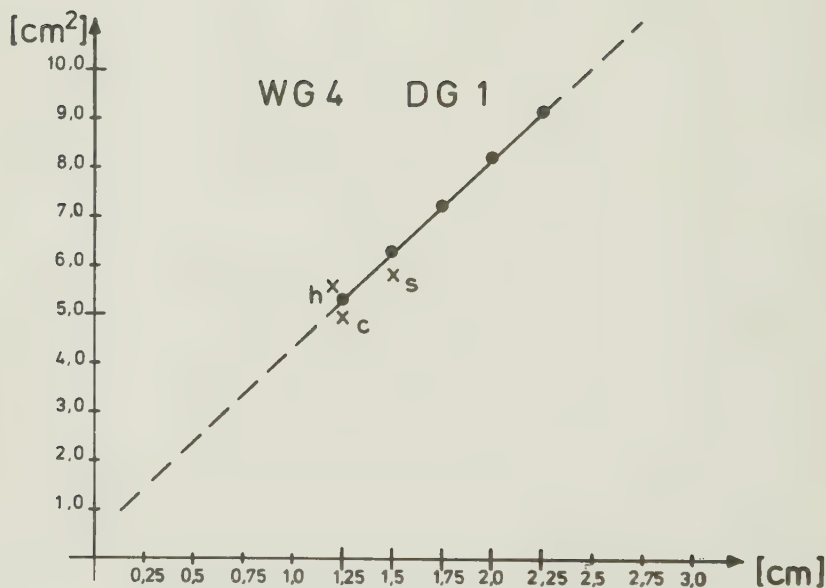


Abb.17: WG 4 = Winkelgruppe 4 ($55^\circ - 60^\circ$)

DG 1 = Durchmessergruppe 1 (ϕ bis 5,99 cm)

$x_{c,n,s}$ Tabelle 7, S.41

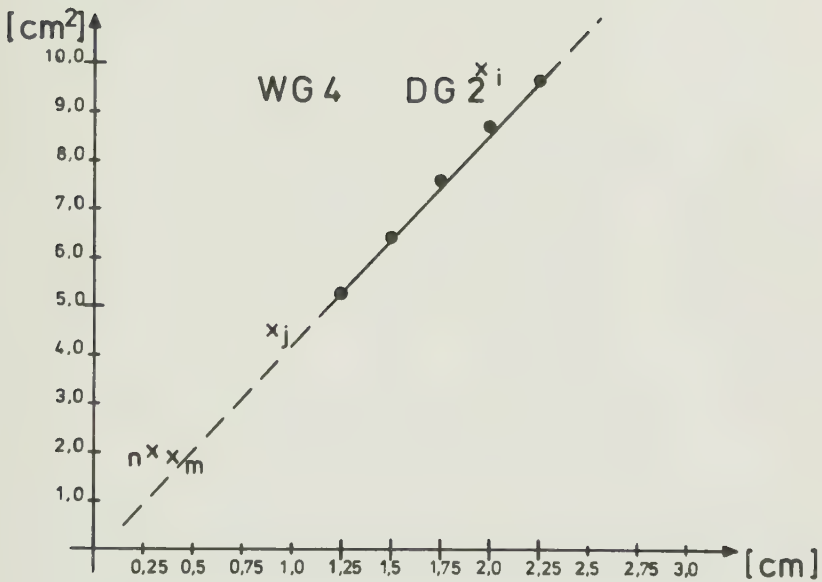


Abb.18: WG 4 = Winkelgruppe 4 ($55^\circ - 60^\circ$)

DG 2 = Durchmessergruppe 2 (ϕ über 6,00 cm)

$x_{j,m,n}$ Tabelle 8, S.41

In einem weiteren Versuch sollten sämtliche Modellkurven in einem einzigen Koordinatensystem dargestellt werden und die fehlenden Geraden für $\gamma = 0^\circ$ bis 20° und 70° bis 90° aus den Abständen zwischen den vorhandenen Geraden konstruiert werden. Ein solches Nomogramm würde die Möglichkeit bieten, die gesuchte Fläche der Subluxationsfigur bei den bekannten, einfach zu ermittelnden Parametern γ , r und ϕ , abzulesen. Dieser Versuch mußte wieder aufgegeben werden, da hierzu noch genauere Standardgeraden für 30° bis 60° erforderlich gewesen wären. Obwohl die Meßfehler sehr gering gehalten wurden, fanden sich unterschiedlich große Abstände zwischen den Modellkurven, sodaß die Konstruktion eines genaueren Nomogrammes nicht erfolgen konnte.

Teil 4: tabellarische Darstellung des Zusammenhanges C_4 zwischen Außenrotation und Dislokation

Auf die schon im Kapitel "Methode" beschriebene Modellvorstellung über den Zusammenhang zwischen Außenrotation und lateraler Dislokation wurde zusätzlich eingegangen. Die gemessenen Relationswerte für die Außenrotation im arthrotischen Hüftgelenk wurden in einer Tabelle den dazugehörigen Dislokationswinkeln γ gegenübergestellt. Bei der graphischen Darstellung der Tabellenwerte ergab sich keine sinnvolle Abbildung. Die Koordinatenpunkte liegen weit verstreut im Koordinatenraum. So ansprechend

diese Methode zunächst erschien, erwies sie sich doch als wenig sinnvoll für eine weitere Auswertung. Der Außenrotationsvorgang wird durch zu viele unberechenbare Faktoren beeinflusst, sodaß genaue Ergebnisse nicht zu erwarten sind.

Tabelle 10

Maß für Außenrotation in cm	Abweichung in Grad
- 0,7	32,4
- 1,0	28,5
- 1,4	59,3
- 0,3	47,0
-,-	27,0
- 0,8	43,0
- 0,7	34,0
- 0,9	90,0
- 0,6	71,0
- 1,0	56,5
0,2	0,0
- 0,7	44,5
0,2	68,0
- 1,5	76,1
- 1,0	0,0
1,4	48,0
-,-	41,0
0,7	65,0
- 1,5	15,5

DISKUSSION

D

Es war zu untersuchen, ob die angenommene Beziehung zwischen dem Ausmaß des medialen Kopffosteophyten bei der Coxarthrose einerseits und der craniolateralen Dislokation des Kopfmittelpunktes andererseits sich durch ein geometrisches Modell sowohl qualitativ als auch quantitativ mit relativ geringer Fehlerbreite simulieren läßt.

Bei einem positivem Ausgang dieser Studie stand die Möglichkeit in Aussicht, die kausalen pathogenetischen Zusammenhänge mit neuartiger Begründung beurteilen zu können.

Die Meßergebnisse stützen eindeutig die These, daß die Dislokation des Femurkopfes sowohl in cranialer, als auch in lateraler Richtung, in direkter Beziehung zum Entstehen einer mehr oder weniger ausgebildeten Subluxationslücke führt. Die Größe dieser Lücke, gemessen als Fläche der sogenannten Verschiebefigur hängt direkt ab von der Dislokationsrichtung der Hüftkopfmittelpunkte. Die graphische Darstellung für jedes Subluxationsmodell zeigt eindrucksvoll eine fast lineare Beziehung zwischen Zuwachs der Abbildungsfläche des Osteophyten und den ermittelten Subluxationsparametern φ und R . Die Abbildungsfläche des medialen Osteophyten repräsentiert also das Ausmaß der intraartikulären Dislokation.

Die Zusammenhangsfrage gilt, wie einleitend ausgeführt, den Vorgängen des Knorpelverlustes im Gelenkspalt unter dem Pfannendach mit Fortsetzung der Defektbildung durch den Wölbungsverlust des Hüftkopfes einerseits und den Pfannenabbau im Erkerbereich andererseits als primären Vorgang im Sinne des craniolateralen Defektvorschubes (OTTE 1975) und der sekundären Natur der medialen Osteophytenbildung in Abhängigkeit von der resultierenden Subluxationslücke, die für die Gestalt und das Volumen der Knochenneubildung maßgeblich ist.

Die meisten Autoren stimmen darin überein, daß die Gelenkverschmälerung durch Knorpeldegeneration und Knochenabbau im Pfannendachbereich ein röntgenologisches Frühsymptom der Coxarthrose darstellt. Das Entstehen des Knorpelabbau wird unterschiedlich beurteilt.

TRUEETA 1954 widerspricht der bekannten Verschleißtheorie, vertreten z.B. von POMMER und PAUWELS, in dem er die initiale Gelenkknorpeldegeneration in der Entlastungszone annimmt. Erst sekundär komme es zu einer degenerierenden Penetration in den Knorpel der Belastungszone, demzufolge dieser in seiner Integrität gestörte Knorpel jetzt erst zerstört werden könne. MEZNIK 1971 sieht in den degenerativen Veränderungen von Kopf und Pfanne ebenfalls die Ursache für die craniolaterale Dislokation. Nach HOHMANN 1961 sorgt

die Dislokation für eine Inkongruenz der Gelenkteile und damit für eine Verschlechterung der Hebelverhältnisse durch Änderung der Druckrichtung und Verkleinerung der Druckfläche.

Tatsächlich hat sich gezeigt, daß sich die "Verschiebfigur" im geometrischen Modell analog zu der Subluxationslücke des Hüftgelenkes verhält. Dieser Sachverhalt gilt nicht nur prinzipiell, sondern auch hinsichtlich der Maßgeblichkeit von 2 zum Zwecke der Modellkonstruktion eingeführten Parametern. Hierbei geht es um den Korrekturfaktor des Hüftkopfradius und um den als φ bezeichneten Winkel der resultierenden Dislokationsrichtung. Die analysierten Röntgenaufnahmen mit einseitiger Coxarthrose zeigten nämlich eine individuell verschiedene Proportion der Verschiebung des Kopfmittelpunktes nach lateral und cranial. Es ist nicht Gegenstand dieser Untersuchung, die hierfür maßgeblichen Gründe zu analysieren. Mangels verfügbarer biomechanischer Daten kann lediglich die Vermutung ausgesprochen werden, daß eine reine Cranialverschiebung durch den Arthrose-bedingten Substanzverlust offenbar nicht oder nur selten eintritt. Auf noch unbekannte Weise verbindet sich mit dieser Dislokation stets oder überwiegend häufig eine lateralisierende Komponente. Die fast immer beobachtete, durch Muskelkontraktion bedingte Außenrotationsfehlstellung, scheint die Lateral Tendenz des Femurkopfes zu begünstigen.

Mit Hilfe einer einfachen Modellvorstellung wurde dieser Vorgang zeichnerisch dargestellt. Es konnte unter hypothetischer Annahme eines Hebelmechanismus die Wirkung der außenrotierenden Kräfte mit der lateralisierenden Kraft identifiziert werden. Dabei scheint ein Anstemmen des Schenkelhalses an den hinteren Pfannenrand bei der Außendrehbewegung plausibel, so daß der Hüftkopf über dieses Hypomochlion aus der Pfanne herausgehebelt wird. Dorsale Band- und Kapselanteile schieben sich wahrscheinlich zwischen den hinteren Pfannenrand und den Schenkelhals. Der Hebelarm wird somit noch verkürzt. Außerdem begünstigen erheblich geschrumpfte, verdickte und teilweise verknöcherte Gelenkbänder, wie sie KOPPELMANN 1970 und HOHMANN 1961 regelmäßig finden, diese Ausstembewegung. Es wäre auch denkbar, daß die Auswirkung der Außenrotation über den hypothetischen Hebelmechanismus nur um so stärker zum Tragen kommt, je weiter die Cranialverschiebung des Kopfmittelpunktes fortgeschritten ist. Die Kontraktur der Hüftmuskulatur läßt sich nach TÖNNIS 1968 nicht auf einen erhöhten Innervationstonus bei der Coxarthrose zurückführen, sondern muß als Folge trophischer Störungen, eines Reizzustandes, einer Schonhaltung etc. gesehen werden.

Das Gelenk wird einem Ungleichgewicht der Muskulatur und einer Kombination von Kräften unterworfen, die

den Femur aus der Pfanne zu drängen suchen (TRUETA, 1954). Die Kontraktur zählt somit zu den stark deformierenden Elementen, die eine pathologische Veränderung der Gelenkmechanik erzeugen.

Die Anwendung der Ergebnisse aus dem entsprechenden geometrischen Modell auf die im Röntgenbild ange- troffenen Verhältnisse bereitete jedoch erhebliche Schwierigkeiten. Um in größtmöglicher Vereinfachung und in erster Annäherung die Verhältnisse zu prüfen, schien das Maß der Außenrotation der einzig zu er- mittelnde Faktor zu sein. Diese Größe mußte sodann in erkennbarer Beziehung zum Winkel φ einerseits und zur Fläche der "Verschiebefigur" (Abbildungsfläche des Osteophyten) andererseits stehen.

Die Bestimmung der Außenrotationskontraktur ist nur semiquantitativ möglich und zwar aufgrund der Pro- jektionsverhältnisse, die die mediale Trochanter- major-Figur in Beziehung zum Schenkelhals darbietet. Diese Methode gestattet nur eine grobe Unterteilung in einen Bereich von -1,5 cm bis 0,2 cm. Bei dem Versuch den Außenrotationsfaktor mit den genannten Größen zu korrelieren, ergab sich kein befriedigendes Ergebnis.

Wichtig ist nun, wie auch in der Literatur häufig diskutiert, der Beitrag, den diese Untersuchungen zur Frage der Priorität liefern: Randwulst mit pri-

märer Ausbildung einer Defektzone unter dem Pfannendach mit anschließender Ausfüllung der dadurch entstehenden Subluxationslücke mit einem Osteophyten. TRUETA 1954, SCHACHERL 1971, MEZNIK 1971 und PAUWELS, 1973 schreiben den medialen Osteophyten eine aktive Luxationstendenz nach craniolateral zu. FRANCON spricht vom expulsiven Typ der Coxarthrose, der den Femurkopf aus der Pfanne herausdrängt. Demgegenüber steht die Meinung von LEQUESNE 1967, nach der sich eine Osteophytose in der arthrotischen Hüfte nur dort ausbreitet, wo keinerlei Gegendruck ihr Wachstum behindert: Der Osteophyt drückt den Kopf nicht aus der Gelenkpfanne heraus, sondern verdankt der Subluxation erst seine Entstehung.

GRUETER und RÜTT (1961) halten eine Hebelwirkung des Osteophyten für möglich, die eine Subluxationstendenz verstärken könnte.

Nach OTTE 1975 bewirkt der Osteophyt die Fixierung der Fehlstellung des Hüftkopfes in dezentrierter- und in Außenrotationsposition. Die eigenen Beobachtungen erlauben die Feststellung einer dem Modell nahestehenden Beziehung zwischen Osteophytenabbildungsfläche und Dislokationsgröße und-richtung und damit eine abgewandelte Formulierung des Problems: Ist die charakteristische Form des medialen Osteophyten, wie sie aus

den zahlreichen Sägeschnitten in standardisierter Form ersichtlich ist, als das Produkt eines primären Wachstums vorstellbar ?

Im Vergleich zu der Alternative eines konzentrischen Knochenanwuchses mit rein lateraler Dislokationsrichtung ergibt sich folgende Betrachtungsmöglichkeit: Gäbe es dieses konzentrische, primäre Osteophytenwachstum in Wirklichkeit, so muß man fragen, warum diese Raumforderung nicht den Weg des geringsten Widerstandes nimmt, der direkt aus der Pfanne heraus und nach lateral führt. Die zu beobachtende Dislokation nach craniolateral muß demgegenüber immerhin den Widerstand des anfänglich normal figurierten Pfannendaches überwinden und dazu die Konsistenz des Gelenkknorpels und -knochens.

Eine primäre Wucherung im Pfannengrund kann von sich aus nicht in der Weise geordnet ablaufen, daß daraus eine regelmäßig gewölbte Figur entsteht. Gegenüber der Annahme des primären Dislokationsvorganges in der überwiegend cranialen Richtung durch Knochen- und Knorpelschwund und einer zusätzlichen Lateraltendenz, bedingt durch die obligatorische Außenrotationskontraktur, mit der sich automatisch sekundär ergebenden Form der Subluxationslücke und deren Ausfüllung mit einem Osteophyten, verliert die Theorie der expul-siven Osteophytenbildung extrem an Wahrscheinlichkeit.

In der vorliegenden Arbeit war es möglich, die Parallelität substanzaufbauender und -abbauender Vorgänge am Femurkopf in der Entwicklung einer Coxarthrose vom lateralen Typ, zeichnerisch zu simulieren, die lineare Gesetzmäßigkeit zwischen craniolateraler Dislokation und medialer Subluxationslücke quantitativ und qualitativ zu demonstrieren und damit die These der primären Subluxation und des sekundären Osteophytenwachstums zu stützen.

Es konnte der bei Coxarthrose obligaten, kontrakturbedingten Außenrotation eine, die Subluxation vorwiegend in laterale Richtung treibende Kraft zugesprochen werden.

ZUSAMMENFASSUNG

E

1. In der Einleitung wird dargelegt, daß die superolaterale Dislokation, die Parallellität substanzabbauender und aufbauender Vorgänge und die Ausfüllung der sog. Subluxationslücke mit einem medialen Osteophyten bei primärer Coxarthrose vom lateralen Typ weder geometrisch exakt, noch in irgendeiner Weise quantitativ beschrieben worden sind.
2. Zur Untersuchung dieser röntgenologisch sichtbaren Veränderungen standen 111 Sägeschnitte von resezierten Hüftköpfen und 20 Beckenübersichtsaufnahmen von 20 Patienten zur Verfügung. Mittels der beschriebenen Meßmethoden werden die pathomorphologischen Veränderungen radiometrisch erfaßt.
3. Es wird die Möglichkeit eröffnet, mit wenigen einfach zu bestimmenden Parametern, die Subluxationslücke darzustellen und einigermaßen exakt zu messen.
4. Die Meßergebnisse werden kasuistisch-tabellarisch und in 8 Meßgruppen graphisch dargestellt.
5. Die Untersuchungen zeigen eindrucksvoll die durch Gelenkknorpeldegeneration und Gelenkspaltver-

schmälerung bedingte primäre craniolaterale Subluxation des Femurkopfes und die sekundäre Entstehung eines medialen Kopffosteophyten, sowie die Begünstigung dieses Vorgangs durch die obligate Außenrotationskontraktur.

Dabei wird die Theorie der expulsiven Osteophytenbildung als unwahrscheinlich gewertet.

LITERATURVERZEICHNIS

F

- AXHAUSEN, G.: Archiv Klin.Chir.
94: 331, 1910
- COSTE, F. et LAUREN, F.: Formes cliniques anatomiques
evolutives de La coxarthrie
Le rhumatisme, Paris 1954
- DESPROGES-GOTTERON, R.: Enquête anatomopathologique
sur les tetes femorales
prelevées lors des arthro-
plasties de hanches
Revue de Rhumatisme
38: 623-630, 1971
- DETTMAR, N. und BINZUS, G.: Neuere Aspekte zur Funktion
der inneren Gelenkanteile bei
Arthrose und chron.Polyarthri-
tis
Dtsch.med.Journal
20 Jahrg.1969, S.324-331
- FALCONNET, M.M.: Etiologie et formes cliniques
des coxarthroses
La Revue Lyonnaise de Medecine
6: 281-290, 1968
- FRANCON, F.: L'osteocondrite dissequante
de la hanche
Revue du Rhumatisme
2: 1935 (zitiert aus Handbuch
der Orthopädie Bd.IV, Teil I
Stuttgart 1971)
- GLOGOWSKI, G.: Die Pathophysiologie des
oberen Femurendes
Beilageheft zur Zeitschrift für
Orthopädie
Bd.95, Stuttgart 1962

- GOODFELLOW, J.W. and BULLOUGH, P.G.: The interpretation
of the Radiological Joint
Space
Sonderdruck aus orthop.Ge-
meinschaftskongreß
Bücherei des Orthopäden
4: S.52-58, Stuttgart 1969
- GRUETER, H. und RÜTT, A.: Zur Morphologie der in die
Coxarthrose einmündenden
Hüftgelenkserkrankungen.
Zeitschrift für Orthopädie
und ihre Grenzgebiete
95: S.401-439
- HERMODSSON, I.: Roentgenappearance of cox-
arthroses
Acta orthop.Scandinav.
41: 169-187, 1970
- HOHMANN, G. Handbuch der Orthopädie
HACKENBROCH, M. Bd.IV, Teil I, Stuttgart 1961
LINDEMANN, K.
- KNODT, H.: Osteoarthritis of the hip
joint
J.Bone Surg
46A: 1326-1336, 1964
- KOPPELMANN, J.: Zur Pathogenese der Ver-
änderungen des Oberschenkel-
kopfes bei Coxarthrose
Sonderdruck aus Zeitschrift
für Orthop.und ihre Grenzgebiete
Bd.108, Heft 3, S.416-427, 1970
- LEQUESNE, M.: Folia rheumatologica Documenta
Geigy 1967
Teil 1: Bau und Funktion und
klinisch röntgenologische Unter-
suchung des Hüftgelenks
Teil 2: Primäre und sekundäre
Coxarthrosen

- LEQUESNE, M.: Les coxarthroses
Med.Int.
Vol.3 N^o 8-9: 581-608, 1968
- LOUYOUT, P.: Sur l'evolution de la cox-
arthrose
Revue du Rhumatisme
39: 1-10, 1972
- MEACHIM, G.
HARDING, K.
WILLIAMS, D.R. Methods for correlating
pathological and radiological
findings in osteoarthrosis of
the hip
British Journal of Radiology
45: 670-676, 1972
- MEZNIK, F.: Koxarthrose und Subluxation
Sonderdruck aus Zeitschrift
für Orthopädie und ihre Grenz-
gebiete
Bd.95, Heft 2, S.166-170, 1961
- MORVILLE, P.: On the Anatomy and Pathology
of the hip-joint
Acta orthopaedica Scandinavica
7: 107-142, 1936
- MÜSSBICHLER, H.: Angiography of the Hip Region
Acta radiologica Diagnosis
11: 593-603, 1971
- MÜSSBICHLER, H.: Arteriographic Findings in
Patients with degenerativ
osteoarthritis of the Hip
Radiology
106: 21-27, 1973
- NUSSBAUM, A.: Funktionelle Neubildung im
arthritischen Gelenk oder Spät-
folge einer Epiphysenlösung
Zentralblatt für Chirurgie
33: 2054-2056, 1928

- OTTE,P.: Die Coxa magna als Sonderform der Coxarthrose
Sonderdruck aus Ankylosierende Spondylitis
Verhandl. der dtsh.Gesellschf. f.Rheumatology
S.229-244, 1963
- OTTE,P.: Zur Problematik der Regeneration des Gelenkknorpels
Symposion Degenerative Gelenkerkrankung
S.63 - 79, 1965
- OTTE,P.: Das Wesen der Coxarthrose und ihre Behandlung
Dtsch.med.Journal
20.Jahrg.: 341 - 346, 1969
- OTTE,P.: Die Pathophysiologie der aktivierten Arthrose und die Angriffspunkte der medikamentösen Therapie
Orthopädische Praxis
9: 207 - 213, 1970
- OTTE,P.: Die Verpflanzung von Gelenkknorpeln
Zeitschrift f.Orthop.und Grenzgebiete
110: 677 - 685, 1972
- OTTE,P.: Die Röntgenmorphologie der Arthrose des Hüftgelenks
Vortrag Mainz, 1975
- PAUWELS,F.: Atlas zur Biomechanik der gesunden und kranken Hüfte
Berlin-Heidelberg-New York,1973

- PAUWELS, F.: Gesammelte Abhandlungen
zur funktionellen Anatomie
des Bewegungsapparates
Berlin-Heidelberg-New York, 1965
- PHEMISTER, D.B.: Changes in bones and joints
resulting from interruption
of circulation
Arch.Surg.
41: 436-472, 1940
- PHILIPPS, R.S.: Primary osteoarthritis of
the hip considered as vascular
disorder
Angiology
17: 785-791, 1966
- PRIDIE, K.H.: The development of osteo-
arthritis of the hip joint
J.Bone & Joint Surg.
34-B: 153, 1952
- SCHACHERL, M.: Röntgendiagnose der Arthrose
Therapiewoche
37: 2743-2748, 1971
- de SEZE, S.: Röntgendiagnostik der
chronischen Hüftleiden
Orthop.Praxis
3: 75-86, 1966
- TÖNNIS, D.: Ist die Theorie von der Er-
höhung des muskulären Gelenk-
druckes bei Coxarthrose rich-
tig und sind operative Ent-
spannungsmaßnahmen berechtigt ?
Z.Orthop.
105: 399, 1968

- TRUETA,J.: Osteoarthritis of the hip
Ann.Roy.Coll.Surg.Engl.
15: 174-192, 1954
- TRUETA,J.: Studies on the Etiopatho-
logy of Osteoarthritis of
the hip
Clinical Orthopaedics
31: 7-19, 1963
- WALTER,H.: Funktionelle Neubildung
in arthritischen Gelenken
Archiv f.Orthop.und Unfall-
chir.
24: 620-632, 1927
- WIBERG,G.: Studies on dysplastic
acetabula and congenital
subluxation of the hip
joint with special reference
to the complication of osteo-
arthritis
Acta chir.scand.
58; 1939

Herrn Prof.Dr.med.F.Brussatis, Direktor der
Orthopädischen Universitätsklinik in Mainz,
danke ich für die Möglichkeit, in seiner Klinik
zu arbeiten.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof.Dr.med.P.Otte,
Oberarzt der Orthopädischen Universitätsklinik,
für die Überlassung des Themas und seine stets
freundliche Unterstützung.

Ebenfalls möchte ich die Firma G und K Ingenieure,
65 Mainz, Mombacher Str.67 dankend erwähnen, die
mir für meine Arbeit freundlicherweise das Plani-
meter überlassen hat.

LEBENS LAUF

G

Am 11. Juni 1949 wurde ich, Wolfgang Hoffmann, als erstes Kind des Kaufmannes Martin Hoffmann und seiner Frau Rosemarie Hoffmann geb. Krey in Arenberg Kreis Koblenz geboren.

Von 1956 bis 1960 besuchte ich die katholische Volksschule in Koblenz-Niederberg.

Von 1960 bis 1968 war ich Schüler des Neusprachlichen Eichendorff-Gymnasiums in Koblenz, wo ich am 10. Juni 1968 das Abitur bestand.

Vom Wehrdienst wurde ich bis zur erfolgten Approbation zurückgestellt.

Die Erstimmatrikulation erfolgte zum Wintersemester 1968/69 an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz. Bis zum Sommersemester 1969 studierte ich die Fächer Physik, Chemie und Biologie. Zum Wintersemester 1969/70 wechselte ich zur medizinischen Fakultät über, unter Anrechnung des Sommersemesters 1969 (gleich 1. Fachsemester Medizin).

Am 3. Juli 1970 bestand ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung und am 29. September 1971 die ärztliche Vorprüfung. Nach sechs klinischen Semestern legte ich am 3. Dezember 1974 die ärztliche Prüfung an der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz ab.

Vom 1.Februar bis 31.März 1975 arbeitete ich als
Medizinalassistent in der Orthopädischen Klinik
und Poliklinik der Universitätskliniken Mainz.
Anschließend war ich vom 15.Juli 1975 bis zum
31.Dezember 1975 in der Inneren Abteilung des
St.Elisabeth Krankenhauses in Neuwied/Rh.beschäftigt.
Zur Zeit beende ich meine Medizinalassistentenzeit
in der Chirurgischen Abteilung des Marienhospitals
in Oberhausen-Osterfeld.

